

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



0430  
Docket No.: H6808.0005/P005  
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:  
Mitsugu Sato, et al.

Application No.: 10/082,288

Group Art Unit: N/A

Filed: February 26, 2002

Examiner: Not Yet Assigned

For: CHARGED PARTICLE BEAM  
ALIGNMENT METHOD AND CHARGED  
PARTICLE BEAM APPARATUS

**CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS**

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign applications filed in the following foreign countries on the dates indicated:

Country	Application No.	Date
Japan	161588/2001	May 30, 2001
Japan	208674/2001	July 10, 2001

In support of this claim, a certified copy of each said original foreign application is filed herewith.

Dated: March 29, 2002

Respectfully submitted,

By 

Mark J. Thronson

Registration No.: 33,082

John C. Luce

Registration No.: 34,378

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &  
OSHINSKY LLP

2101 L Street NW

Washington, DC 20037-1526

(202) 785-9700

Attorneys for Applicant

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 1101002751  
 【あて先】 特許庁長官 殿  
 【国際特許分類】 H01J 37/04  
 【発明の名称】 荷電粒子線調整方法及び荷電粒子線装置  
 【請求項の数】 15

## 【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地  
 株式会社 日立製作所 計測器グループ内

【氏名】 佐藤 貢

## 【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地  
 株式会社 日立製作所 計測器グループ内

【氏名】 大高 正

## 【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地  
 株式会社 日立製作所 計測器グループ内

【氏名】 江角 真

## 【発明者】

【住所又は居所】 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地  
 株式会社 日立製作所 計測器グループ内

【氏名】 ▲高▼根 淳

## 【発明者】

【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社 日立製作所 日立研究所内

【氏名】 吉田 昌司

## 【特許出願人】

【識別番号】 000005108

【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

【識別番号】 100075096

【弁理士】

【氏名又は名称】 作田 康夫

【電話番号】 03-3212-1111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013088

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 荷電粒子線調整方法及び荷電粒子線装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子源から放出された荷電粒子線を集束するレンズと、当該レンズによって集束した前記荷電粒子線の試料への照射によって、当該試料から放出される二次荷電粒子を検出して試料像を形成する荷電粒子線装置であって、前記レンズに対する軸調整をアライメント偏向器で行う荷電粒子線調整方法において、前記アライメント偏向器の偏向条件を第1の状態にしたときに、前記対物レンズの集束条件を2つの状態に変化させ、そのときに得られる第1の試料像と第2の試料像間の第1のずれを検出し、前記アライメント偏向器の偏向条件を第2の状態にしたときに、前記対物レンズの集束条件を少なくとも2つの状態に変化させ、そのときに得られる第3の試料像と第4の試料像間の第2のずれを検出し、上記第1のずれと第2のずれの情報を、アライメント条件の変化に対する試料像のずれを導く方程式に当てはめて、前記荷電粒子線光学系の動作条件によって変動する未知数を算出し、当該算出された未知数と対物レンズの集束条件を2つの条件に変化させたときの像ずれが小さくなる条件からアライメント条件を得ることを特徴とする荷電粒子線調整方法。

【請求項2】

荷電粒子源から放出された荷電粒子線の非点補正を行う非点補正器と、当該非点補正器によって補正された前記荷電粒子線の試料への照射によって、当該試料から放出される二次荷電粒子を検出して試料像を形成する荷電粒子線装置であって、前記非点補正器に対する軸調整をアライメント偏向器で行う荷電粒子線調整方法において、前記アライメント偏向器の偏向条件を第1の状態にしたときに、前記非点補正器の補正条件を2つの状態に変化させ、そのときに得られる第1の試料像と第2の試料像間の第1のずれを検出し、前記アライメント偏向器を第2の状態にしたときに、前記非点補正器の補正条件を少なくとも2つの状態に変化させ、そのときに得られる第3の試料像と第4の試料像間の第2のずれを検出し、上記第1のずれと第2のずれの情報を、アライメント条件の変化に対する試料

像のずれを導く方程式に当てはめて、前記荷電粒子線の光学条件によって変動する未知数を算出し、当該算出された未知数と前記非点補正器の補正条件を2つに変化させたときの像ずれが小さくなる条件からアライメント条件を得ることを特徴とする荷電粒子線調整方法。

【請求項3】

荷電粒子源から放出された荷電粒子線を変化させる光学素子と、当該光学素子によって変化した前記荷電粒子線の試料への照射によって、当該試料から放出される二次荷電粒子を検出して試料像を形成する荷電粒子線装置であって、前記荷電粒子線の光学条件の調整を行う荷電粒子線調整方法において、

前記光学条件を第1の状態にしたときに第1の試料像を検出し、その後前記光学条件を変化させ、再度前記光学条件を前記第1の状態にしたときの第2の試料像を検出し、前記第1の試料像と第2の試料像のずれを検出し、当該検出されたずれに基づいて前記試料像の補正条件を算出することを特徴とする荷電粒子線調整方法。

【請求項4】

荷電粒子源と、当該荷電粒子源から放出された荷電粒子線を集束するレンズと、当該集束レンズに対して前記荷電粒子線の軸調整を行うアライメント偏向器と、前記荷電粒子線の照射によって試料から放出される二次荷電粒子を検出する検出器と、当該検出器の出力に基づいて試料像を形成する荷電粒子線装置において

前記アライメント偏向器の偏向条件を第1の状態としたときに前記レンズの集束条件を2つの状態に変化させて得られる第1の試料像と第2の試料像と、前記アライメント偏向器の偏向条件を第2の状態としたときに前記レンズの集束条件を2つの状態に変化させて得られる第3の試料像と第4の試料像を記憶するメモリと、前記第1の試料像と第2の試料像間の第1のずれと前記第3と第4の試料像間の第2のずれに基づいて、前記アライメント偏向器のアライナー条件を演算する制御装置を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項5】

請求項4において、

前記制御装置は、前記集束レンズの条件を2つの状態に変化させて得られる試料像のずれが小さくなる条件に基づいて前記アライナー条件を演算することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項6】

請求項4において、

前記制御装置は、前記レンズを或る集束条件にした状態で、前記アライメント偏向器を第1の状態から第2の状態とすることで、前記第1と第3の試料像を得た後、前記レンズを他の集束条件にした状態で、前記第2と第4の試料像を得るように前記レンズとアライメント偏向器を制御することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項7】

請求項4において、

前記制御装置は、前記少なくとも4つの試料像を取得した後、再度前記第1の試料像を取得したときの光学条件に戻し、両者のずれに基づいてドリフト量を算出することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項8】

荷電粒子源と、当該荷電粒子源から放出された荷電粒子線の非点補正を行う非点補正器と、当該非点補正器に対して前記荷電粒子線の軸調整を行うアライメント偏向器と、前記荷電粒子線の照射によって試料から放出される二次荷電粒子を検出する検出器と、当該検出器の出力に基づいて試料像を形成する荷電粒子線装置において、

前記アライメント偏向器の偏向条件を第1の状態としたときに前記非点補正器の補正条件を2つの状態に変化させて得られる第1の試料像と第2の試料像と、前記アライメント偏向器の偏向条件を第2の状態としたときに前記非点補正器の補正条件を2つの状態に変化させて得られる第3の試料像と第4の試料像を記憶するメモリと、前記第1の試料像と第2の試料像間の第1のずれと前記第3と第4の試料像間の第2のずれに基づいて、前記アライメント偏向器のアライナー条件を演算する制御装置を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項9】

請求項8において、

前記制御装置は、前記非点補正器の条件を2つの状態に変化させて得られる試料像のずれが小さくなる条件に基づいて、前記アライナー条件を演算することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項10】

請求項8において、

前記制御装置は、前記少なくとも4つの試料像を取得した後、再度前記第1の試料像を取得したときの光学条件に戻し、両者のずれに基づいてドリフト量を算出することを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項11】

荷電粒子源と、当該荷電粒子源から放出された荷電粒子線を集束するレンズと、前記荷電粒子線の軸調整を行うアライメント偏向器と、前記荷電粒子線の照射によって試料から放出される二次荷電粒子を検出する検出器と、当該検出器の出力に基づいて試料像を形成する荷電粒子線装置において、

前記試料像から得られる情報に基づいて前記アライメント偏向器によるアライメント条件を演算する手段と、前記試料像から得られる情報がアライメント条件を演算するのに適しているか否かを判定する手段と、当該手段でアライメント条件の演算に適さないと判定された場合に警報を発生する手段を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項12】

荷電粒子源と、当該荷電粒子源から放出された荷電粒子線を集束するレンズと、前記荷電粒子線の軸調整を行うアライメント偏向器と、前記荷電粒子線の照射によって試料から放出される二次荷電粒子を検出する検出器と、当該検出器の出力に基づいて試料像を形成する荷電粒子線装置において、

前記試料像から得られる情報に基づいて前記アライメント偏向器によるアライメント条件を演算する手段と、前記試料像の画像を定量化する手段と、当該手段によって定量化された定量値が所定値以下、或いは所定値未満の場合に警報を発生する手段を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項13】

荷電粒子源と、当該荷電粒子源から放出された荷電粒子線を集束するレンズと、前記荷電粒子線の軸調整を行うアライメント偏向器と、前記荷電粒子線の照射によって試料から放出される二次荷電粒子を検出する検出器と、当該検出器の出力に基づいて試料像を形成する荷電粒子線装置において、

前記荷電粒子を試料上で一次元、或いは二次元的に走査することで得られるラインプロファイルに基づいて前記試料上の対象物の幅を測長する手段と、

前記試料像から得られる情報に基づいて前記アライメント偏向器によるアライメント量を演算する手段と、前記試料像から得られる情報がアライメント量を演算するのに適しているか否かを判定する手段と、当該手段でアライメント量の演算に適さないと判定された場合に、前記試料像、前記ラインプロファイル、或いは前記荷電粒子線の光学条件の少なくとも1つを登録する手段を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項14】

荷電粒子源と、当該荷電粒子源から放出された荷電粒子線を集束するレンズと、前記荷電粒子線の軸調整を行うアライメント偏向器と、前記荷電粒子線の照射によって試料から放出される二次荷電粒子を検出する検出器と、当該検出器の出力に基づいて試料像を形成する荷電粒子線装置において、

前記荷電粒子を試料上で一次元、或いは二次元的に走査することで得られるラインプロファイルに基づいて前記試料上の対象物の幅を測長する手段と、

前記試料像から得られる情報に基づいて前記アライメント偏向器によるアライメント量を演算する手段と、前記試料像の画像を定量化する手段と、当該手段によって定量化された定量値が所定値以下或いは所定値未満の場合に、前記試料像、前記ラインプロファイル、或いは前記荷電粒子線の光学条件の少なくとも1つを登録する手段を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項15】

荷電粒子源から放出された荷電粒子線を変化させる光学素子と、当該光学素子によって変化した前記荷電粒子線の試料への照射によって、当該試料から放出される二次荷電粒子を検出して試料像を形成する荷電粒子線装置であって、前記光学素子に対する前記荷電粒子線の軸調整をアライメント偏向器で行う荷電粒子線

調整方法において、前記アライメント偏向器の偏向条件を第1の状態にしたときに、前記光学素子を少なくとも2つの状態に変化させ、そのときに得られる第1の試料像と第2の試料像間の第1のずれを検出し、

前記アライメント偏向器の偏向条件を第2の状態にしたときに、前記光学素子を少なくとも2つの状態に変化させ、そのときに得られる第3の試料像と第4の試料像間の第2のずれを検出し、当該2つのずれの情報に基づいて、前記アライメント偏向器の動作条件を決定することを特徴とする荷電粒子線調整方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は荷電粒子線装置に係り、特に、荷電粒子光学系の光軸のずれを補正して、高分解能像を安定に得るのに好適な荷電粒子線装置に関する。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

走査電子顕微鏡に代表される荷電粒子線装置では、細く収束された荷電粒子線を試料上で走査して試料から所望の情報（例えば試料像）を得る。このような荷電粒子線装置では、レンズに対し光軸にずれがあるとレンズ収差が発生し試料像の解像度が低下するため、分解能の高い試料像を得るために高精度な軸調整が必要である。そのため従来の軸調整では対物レンズの励磁電流等を周期的に変化させ、そのときの動きを最小とするように軸調整用の偏向器（アライナー）の動作条件を手動で調整していた。また、このような調整を自動で行うための技術として特開2000-195453号公報に開示の技術がある。この記載によれば対物レンズの2つの励磁条件間で変化する電子線照射位置の推移に基づいて、アライメントコイルの励磁設定値を変更する技術が開示されている。更に特開2000-331637号公報には、異なる光学条件で得られた2つの電子顕微鏡画像から両者の位置ずれ検出に基づいて焦点補正を行う技術が開示されている。

##### 【0003】

また、荷電粒子線の非点補正を行う非点補正器の中心からずれないと、非点収差の調整を行う際に視野が動き、調整が困難になる。そのため、非点収差補正

器の動作に連動して荷電粒子の試料上での位置を制御する別のアライナー（偏向器）を設け、非点収差補正器の設定値（非点補正器）の変化に対する像の動きをキャンセルして、非点収差の調整時に観察像が動かないように視野補正している。このとき、視野ずれ補正用のアライナーには非点収差補正器の設定値に比例した信号が入力されるが、この比例係数は非点収差の調整時に像の動きがキャンセルされるように決めなければならない。この調整を行うには、非点収差補正器の設定値（電流など）を周期的に変化させて、このときの像の動きが最小となる比例係数を見つける作業を行っていた。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

上記のように光軸の調整を手動で行うには、経験に裏打ちされた技術が必要であり、オペレータによって調整精度がばらついたり、調整に時間要することがある。また上記自動化による調整も、光学条件により変化する調整用パラメータをその光学条件毎に記憶しておく必要があり、光学条件を替えて観察しようとする場合、その都度登録作業が必要である。また仮に同じ光学条件で使用する場合であっても光軸の経時変化によって、登録したパラメータに基づく調整が困難になるという問題がある。またオペレータは軸がずれていることに気が付かず劣化した試料像に基づいて観察等を行う可能性もある。

## 【0005】

本発明の目的は、光学条件を変更した場合や光軸の経時変化によって荷電粒子線の状態が変化しても、容易に光軸の調整を可能とする荷電粒子線装置、及び荷電粒子線装置の調整方法を提供することにある。

## 【0006】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明では荷電粒子線に影響を与える光学素子に対する前記荷電粒子線の軸調整をアライメント偏向器で行う際に、アライメント偏向器の偏向条件を第1の状態にしたときに、光学素子を少なくとも2つの状態に変化させ、そのときに得られる第1の試料像と第2の試料像間の第1のずれを検出し、アライメント偏向器の偏向条件を第2の状態にしたときに、光学素子を少

なくとも2つの状態に変化させ、そのときに行われる第3の試料像と第4の試料像間の第2のずれを検出し、当該2つのずれの情報に基づいて、前記アライメント偏向器の動作条件を決定する荷電粒子線調整方法、及び荷電粒子線装置を提供する。

## 【0007】

このような構成によれば、荷電粒子線の光学条件に関わらず、精度の高い軸調整が可能となる。

## 【0008】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を用いて本発明の実施の形態を説明する。

## 【0009】

図1は、本発明の一例である走査電子顕微鏡の概略構成図である。陰極1と第一陽極2の間には、マイクロプロセッサ(CPU)40で制御される高圧制御電源20により電圧が印加され、所定のエミッション電流で一次電子線4が陰極1から引き出される。陰極1と第二陽極3の間には、CPU40で制御される高圧制御電源20により加速電圧が印加され、陰極1から放出された一次電子線4が加速されて後段のレンズ系に進行する。一次電子線4は、レンズ制御電源21で制御された収束レンズ5で収束され、絞り板8で一次電子線の不要な領域が除去された後に、レンズ制御電源22で制御された収束レンズ6、および対物レンズ制御電源23で制御された対物レンズ7により試料10に微小スポットとして収束される。対物レンズ7は、インレンズ方式、アウトレンズ方式、およびシュノーケル方式(セミインレンズ方式)など、種々の形態をとることができる。また、試料に負の電圧を印加して一次電子線を減速させるリターディング方式も可能である。さらに、各々のレンズは、複数の電極で構成される静電型レンズで構成してもよい。

## 【0010】

一次電子線4は、走査コイル9で試料10上を二次元的に走査される。一次電子線の照射で試料10から発生した二次電子等の二次信号12は、対物レンズ7の上部に進行した後、二次信号分離用の直交電磁界発生装置11により、一次電

子と分離されて二次信号検出器13に検出される。二次信号検出器13で検出された信号は、信号増幅器14で増幅された後、画像メモリ25に転送されて像表示装置26に試料像として表示される。

## 【0011】

走査コイル9の近傍もしくは同じ位置に1段の偏向コイル51が配置されており、対物レンズに対するアライナーとして動作する。また、対物レンズと絞り板との間には、XおよびY方向の非点を補正するための8極の非点補正コイル52が配置される。非点補正コイルの近傍、もしくは同じ位置には非点補正コイルの軸ずれを補正するアライナー53が配置される。

## 【0012】

像表示装置26には、試料像のほかに電子光学系の設定や走査条件の設定を行う種々の操作ボタンの他、軸条件の確認や自動軸合わせの開始を指示するボタンを表示させることができる。

## 【0013】

一次電子線が対物レンズの中心からずれた位置を通過した状態（軸がずれた状態）でフォーカス調整を行うと、フォーカス調整に伴い視野の動きが生じる。オペレータが軸ずれに気が付いた場合、表示装置に表示された処理開始ボタンをマウスでクリックするなどの操作により軸合わせ処理の開始を指示することができる。オペレータから軸合わせの指令を受けると、制御CPU40は、図2や図4のフローに沿って処理を開始する。

## 【0014】

なお、図1の説明は制御プロセッサ部が走査電子顕微鏡と一体、或いはそれに準ずるものとして説明したが、無論それに限られることはなく、走査電子顕微鏡鏡体とは別に設けられた制御プロセッサで以下に説明するような処理を行っても良い。その際には二次信号検出器13で検出される検出信号を制御プロセッサに伝達したり、制御プロセッサから走査電子顕微鏡のレンズや偏向器等に信号を伝達する伝達媒体と、当該伝達媒体経由で伝達される信号を入出力する入出力端子が必要となる。また、以下に説明する処理を行うプログラムを記憶媒体に登録しておき、画像メモリを有し走査電子顕微鏡に必要な信号を供給する制御プロセッ

サで、当該プログラムを実行するようにしても良い。

【0015】

(実施例1)

図2の処理フローについて、以下に詳細に説明する。

【0016】

第1ステップ：

対物レンズ7の現在の条件、あるいは、現在の条件に基づいて決められる（例えば、現在のフォーカス条件からフォーカスを少しずらした条件）を条件1として対物レンズ7に設定する。次に、アライナー51の現在の条件、あるいは、予め決められた条件をアライナー51の条件1として設定する。この対物レンズ条件1とアライナー条件1で画像1を取得する。

【0017】

第2ステップ：

アライナー51の条件をそのままにして、対物レンズの条件のみを対物レンズ条件1に対して予め決められた値だけフォーカスのずれた第2のフォーカス条件を設定して画像2を取得する。

【0018】

第3ステップ、第4ステップ：

アライナー51の条件を条件1に対して予め決められた値だけずらした条件を条件2として、これをアライナー51に設定する。そして、対物レンズの条件をステップ1とステップ2と同様に条件1、および条件2として、それぞれの画像（画像3、画像4）を取得する。

【0019】

ステップ5：

画像1と同条件で再度画像を取得し、これを画像5として登録する。

【0020】

ステップ6：

画像1と画像2の視差（画像のずれ）を画像処理により検出し、これを視差1として登録する。画像間の視差は、例えば、画像1と画像2の画像を互いに画素

単位でずらしながら画像相関を求め、画像相関値が最大になる画像のずらし量から検出することが可能である。その他、視差の検出が可能な画像処理ならば、本実施例に適用が可能である。

## 【0021】

ステップ7：

画像1と画像2の視差を画像処理により検出して、これを視差2として登録する。

## 【0022】

ステップ8：

画像1と画像5の視差を画像処理により検出して、これを視差3として登録する。画像1と画像5とは同一条件で取得したものであるから、これらの画像間にずれ（視差3）があれば、このずれは試料やビームのドリフトによって作られたものである。即ち、荷電粒子線の光学条件を或る状態（第1の状態）とし、次に光学条件を他の状態（第2の状態）とした後、再度第1の状態とするときに、上記2つの第1の状態でそれぞれ試料像を検出し、両者間のずれに基づいてドリフトを算出している。

## 【0023】

ステップ9：

視差3からドリフト成分を検出して、視差1と視差2に対してドリフト成分を補正（除去）する。例えば、画像1と画像5の取り込み間隔が $t$ 秒であれば、単位時間（秒）当たりのドリフト（d）は、 $d = (視差3) / t$ で表される。一方、画像1と2、画像3と4の取り込み間隔が $T_{12}$ 、 $T_{34}$ とすれば、視差1と視差2には、それぞれ、 $d \times T_{12}$ 、および $d \times T_{34}$ のドリフト成分が含まれていることになるため、視差1、視差2からドリフト成分を差し引くことで、軸ずれに起因した正確な視差を算出することができる。

## 【0024】

ステップ10、ステップ11：

ドリフト補正された視差1と視差2からアライナー51の最適値を計算して、アライナーに設定する。

## 【0025】

図2の処理フローは、動作の理解が容易な手順で記載したが、最初と最後の画像（ドリフト補正用）を除けば、画像の取り込み順番は処理に影響を与えない。実際の処理では、処理の高速化を図るために、例えば、対物レンズ条件7を条件1にして、画像1と画像3とを連続して取り込み、次に、対物レンズ条件7を条件2にして、画像2と画像4とを連続して取り込むことが可能である。電子顕微鏡の対物レンズは、通常磁界レンズで構成されるため、インダクタンスが大きいため、インダクタンスが小さく高速制御が可能なアライナーを連続制御する方法が実用上有効となる。

## 【0026】

図2の処理フローで対物レンズに対する軸ずれが補正（修正）される原理を、図3により説明する。軸がずれた状態において、アライナー51の位置（偏向面）でのビーム離軸量をWAL（複素変数： $X_{AL} + j \cdot Y_{AL}$ 、 $j$ ：虚数単位）、この位置で光軸に対するビームの傾きをWAL'（複素変数）とすると、電子光学理論（近軸理論）に基づく軌道計算が可能である。磁界形対物レンズの場合、レンズ電流値をI1からI2へと $\Delta I$ （= I1 - I2）だけ変化させたときに生じる像ずれ量（視差）を $\Delta W_i$ （複素変数： $\Delta X_i + j \cdot \Delta Y_i$ ）とすると、軌道計算により、 $\Delta W_i$ は次のように表すことができる。

## 【0027】

$$\Delta W_i = K \cdot \Delta I \cdot (WAL \cdot A + WAL' \cdot B) \quad (1)$$

ここで、K、A、Bは、測定の際の軸ずれ状態と、対物レンズの動作条件（加速電圧や対物レンズの焦点距離、あるいは対物レンズの物点位置など）で決まるパラメータ（複素数）である。対物レンズに対して軸がずれた状態とは、式(1)において $\Delta W_i$ が0以外の値を持つことを意味する。したがって、従来は、対物レンズの電流を $\Delta I$ だけ周期的に変化させて、このときの像ずれ $\Delta W_i$ をオペレータが認識し、像ずれを無くすようにアライナーの条件を調整していた。すなわち、軸ずれが補正されるアライナーの最適値とは、式(1)の右辺が $\Delta I$ によらず0となる条件を指している。この条件を書き出すと、

$$(WAL \cdot A + WAL' \cdot B) = 0 \quad (2)$$

となり、この条件を満たすアライナーの動作条件が最適値となる。軸ずれがあるとアライナー偏向面では入射ビームの傾きも伴うため、これをWAL0' とし、アライナーによる偏向角（制御値）をWAL1' とすると

$$WAL' = WAL0' + WAL1' \quad (3)$$

で表される。よって、式（2）を満たすアライナーの条件WAL1'（アライナーの最適値）を求めることが軸調整機能の目的となる。アライナーを電磁コイルで構成する場合には、偏向角WAL1' はアライナーのコイル電流に比例する。

#### 【0028】

以上の関係から式（1）を書き直すと、

$$\Delta Wi = \Delta I \cdot (A1 + WAL1' \cdot B1) \quad (4)$$

が得られる。ここで、A1, B1 は以下の項をまとめたものである。

#### 【0029】

$$A1 = K \cdot (WAL \cdot A + WAL0' \cdot B) \quad (5)$$

$$B1 = K \cdot B \quad (6)$$

式（4）より、アライナーの最適値WAL1' は

$$WAL1' = -A1 / B1 \quad (7)$$

で与えられるため、A1 と B1 を求めることにより、アライナーの最適値を計算することができる。式（4）において、 $\Delta I$  は対物レンズの電流変化量であるから、既知の値として予め決めることができる。したがって、アライナーを予め定めた任意の2条件に設定し、その各々において $\Delta I$  に対する視差 $\Delta Wi$  を画像処理により検出すると、式（4）より未知数A1, B1 を求めるための方程式が得られる。この方程式からA1, B1 を解くことができるため、アライナーの最適条件を式（7）から決定することができる。

#### 【0030】

即ち、アライナーを予め定めた任意の2条件に設定したときに行われる視差 $\Delta Wi$  が小さくなる（理想的にはゼロとなる）ような条件でA, B のような未知数をn次方程式を解くことによって、電子光学系の動作条件に依存しない条件を導き出すことができる。この条件に基づいてアライナー条件（アライナーの励磁条件）を導き出すことができる。なお、アライナー51は、少なくとも対物レン

ズ主面におけるビーム通過位置を二次元的に制御可能な配置、あるいは構造を有している。仮に、アライナーによるビームの偏向支点が対物レンズ主面近傍に存在すると、対物レンズに対する軸ずれの状態が制御できなくなるためである。即ち本発明実施例のように電磁コイルを用いたアライメント偏向器（アライナー）の場合、光学条件によって変化するコイルへの励磁電流（偏向信号）を検出することが可能になる。例えば対物レンズの励磁条件の変化や、試料に印加するリターディング電圧の大きさによって、変化する励磁電流を、観察時の光学条件に基づいて検出することができるので、光学条件ごとに異なるパラメータを登録しておく必要がなくなり、また経時変化により、ビームの条件が変化したとしても、その変化した状態における適正なアライメントコイルへの励磁電流を検出することが可能になる。

#### 【0031】

このように本発明実施例によれば、変化する軸ずれの状態や荷電粒子光学系の光学素子の動作条件（例えば、ビームエネルギーや焦点距離、光学倍率など）に対応が可能であり、軸調整の自動化を容易に実現することが可能になる。

#### 【0032】

なお、軸ずれの大きさは、 $\Delta I$ に対する視差 $\Delta W_i$ の大きさで定量化することができる。したがって、例えば、試料交換や電子光学系の条件変更など、軸ずれが発生する可能性を伴う操作を行ったときに、 $\Delta I$ による視差 $\Delta W_i$ を検出する処理を実行すれば、軸ずれを未然に検出することができる。さらに、 $\Delta W_i$ がある所定の値を超えると、オペレータに軸調整が必要であることを伝えるメッセージを表示することができる。図5に、軸ずれを検出したときのメッセージ画面の一例を示す。オペレータは、このメッセージに従って、必要となれば、入力手段により軸調整処理を実行させることができる。入力手段は、例えば、メッセージ画面（例えば、図5）に表示されたアイコンやモニタに表示された他の専用アイコンをマウスでクリックしたり、あるいは、メニュー画面から処理コマンドを指定するなど、種々の形態をとることができる。

#### 【0033】

(実施例2)

一方、非点補正器52についても、本実施例では自動軸調整が可能である。非点補正器では、光軸と直交する面内において、ビームを収束させる作用とビームを発散させる作用とが方向を異にして発生する。したがって、ビームが非点補正場の中心を通過していないと、非点補正場中心からのずれに対応した方向に偏向作用を受けることになる。このとき、非点収差の補正に連動して偏向作用も変化するため、非点収差の調整操作に連動して像が移動し、調整操作が困難になる。これを補正するために、従来は、非点補正器52の信号(X<sub>stg</sub>, Y<sub>stg</sub>)に連動した信号を別のアライナー53に入力して、アライナー53で発生する像の動きでもって非点補正器による像の動きをキャンセルするようにしている。このとき、アライナー53に入力する信号(複素変数)をW<sub>s1</sub>とすると、W<sub>s1</sub>は次の式で表される。

## 【0034】

$$W_{s1} = K_{sx} \cdot X_{stg} + K_{sy} \cdot Y_{stg} \quad (8)$$

ここで、K<sub>sx</sub>, K<sub>sy</sub>は複素変数で表される係数である。いま、非点補正器の信号(X<sub>stg</sub>, Y<sub>stg</sub>)をそれぞれ $\Delta X_{stg}$ ,  $\Delta Y_{stg}$ だけ別々に変化させたとすると、各々の変化に対応する観察像の動き(視差) $\Delta W_{ix}$ ,  $\Delta W_{iy}$ は、それぞれ次のようになる。

## 【0035】

$$\Delta W_{ix} = \Delta X_{stg} \cdot (A_{sx} + B_x \cdot K_{sx}) \quad (9)$$

$$\Delta W_{iy} = \Delta Y_{stg} \cdot (A_{sy} + B_y \cdot K_{sy}) \quad (10)$$

ここで、A<sub>sx</sub>, A<sub>sy</sub>は、非点補正器に対するビームの軸ずれに対応してその値が決まる複素変数である。K<sub>sx</sub>, K<sub>sy</sub>は、装置で制御する軸調整パラメータ(複素変数)を表す。また、B<sub>x</sub>, B<sub>y</sub>は、アライナーの位置や偏向感度、電子光学系の条件などで決まる複素変数である。従来は、非点補正器にそれぞれ $\Delta X_{stg}$ ,  $\Delta Y_{stg}$ の変調信号を加えて、そのときの像の動き( $\Delta W_{ix}$ ,  $\Delta W_{iy}$ )をオペレータが認識し、これを無くすようにパラメータK<sub>sx</sub>, K<sub>sy</sub>の手動調整が行われていた。

## 【0036】

これが、非点補正器に対する軸調整操作である。すなわち、非点補正器に対し

て軸を合わせる操作は、式(9)、および式(10)において、 $\Delta X_{stg}$ 、 $\Delta Y_{stg}$ によらず $\Delta W_{ix}$ 、 $\Delta W_{iy}$ が0となる係数 $K_{sx}$ 、 $K_{sy}$ を求めるに対応する。なお、 $\Delta W_{ix}$ 、 $\Delta W_{iy}$ はゼロになることが理想であるが、それには限られずゼロに近くなるように $\Delta W$ を小さくするような条件で係数を求めるようにしても良い。式(9)および式(10)の形式は、先に示した式(4)と全く同じであり、対物レンズの電流値変化( $\Delta I$ )を非点補正器の信号変化( $\Delta X_{stg}$ 、 $\Delta Y_{stg}$ )に置き換えれば、視差検出とその演算処理によりアライナー53に対する最適制御パラメータ( $K_{sx}$ 、 $K_{sy}$ )を求めることができる。このための処理フローを図4に示す。非点補正器による視野ずれを補正するアライナーは、試料上におけるビームの位置を補正するためのものであるから、試料上での位置が制御できる位置に配置されなければならない。

## 【0037】

非点補正器に対する軸ずれの大きさは、非点補正器の信号に $\Delta X_{stg}$ 、 $\Delta Y_{stg}$ の変化を与えたときの像ずれ(視差)により定量化できる。そのため、本実施例では、先に示した対物レンズに対する軸ずれの場合と同様、光軸の状態が変化する可能性のある操作(加速電圧の変化や試料交換、フォーカス位置の変更など)を行ったときに、視差検出を行い、オペレータに軸ずれの状態を表示して知らせることができる。オペレータは、この表示に従い、必要となれば、画面上に表示した入力手段により、非点補正器の軸合わせ処理の実行を指示することができる。入力手段は、例えば、モニタに表示された専用のアイコンをマウスでクリックしたり、あるいは、メニュー画面から処理を指定するなど、種々の形態をとることができる。

## 【0038】

本発明の形態では、オペレータが不適切な画像の状態(フォーカスが著しくずれた状態や構造情報がほとんど含まれない画像の状態)で、誤って軸調整処理を指示した場合に、処理の誤動作を防止することができる。この機能の説明を図6の処理フローにより説明する。軸ずれの検出処理、あるいは、軸調整処理の開始が指示された場合、CPU40は、まず、現状の画像を取り込み、取り込んだ画像の定量化(画質定量化)処理を実行する。この定量化手段による処理は、画像

に視差検出に必要な構造情報があるかどうかを定量化するものである。この処理の出力としては、例えば、画像をフーリエ変換し、この結果から次の式で計算される定量値  $F_i$  を用いることができる。

## 【0039】

$$F_i = \sum \sum [F(f_x, f_y) \cdot f_x^n \cdot f_y^n] \quad (11)$$

ここで、 $F(f_x, f_y)$  は画像の二次元フーリエ変換 (FFT) を表し、 $f_x$ ,  $f_y$  は空間周波数を表す。指数  $n$  として 1 以上の実数や整数を用いることにより、画質の適切な定量化が可能になる。すなわち、画像に構造情報がないと、 $f_x$ ,  $f_y$  が 0 より大きい領域で  $F(f_x, f_y)$  が非常に小さい値になるため、式 (11) の計算結果から、画質に適切な構造情報があるか否かの判断が可能である。この定量値  $F_i$  が予め決定された所定値以下、或いは未満の場合、アライメント信号演算に適さないという判断によって、警報を発生するようにすると良い。この警報は図 5 に示すような表示によるものや音によるものであっても良い。

## 【0040】

## (実施例 3)

図 7 は、本発明の第 3 の実施例を説明するための図であり、像表示装置に表示される自動軸ずれ補正の環境を設定するための設定画面を示す図である。走査電子顕微鏡の操作者はこの画面から自動軸調の環境を設定する。本実施例の場合は、設定画面上で、ポインティングデバイス 60 によって設定する例について説明する。まず、オペレータはアパーチャアライメントを自動的に実行するか否かを判断し、“視差検出に基づく補正”, “既定値補正” 又は “しない” のいずれかを選択する。“視差検出に基づく補正” は、実施例 1 で説明したステップで軸ずれ補正を行うモードである。このモードを選択すれば一次電子線の経時変化によらず長時間安定した軸補正精度を得ることができる。“既定値補正” は、対物レンズの励磁条件や試料と対物レンズ間の距離 (ワーキングディスタンス等の複数の光学条件) 毎に発生する軸ずれを図示しないメモリに予め登録しておき、所定の光学条件が設定されたとき、登録された軸調整条件で軸調を行うようとするモードである。このモードは例えば経時的な軸ずれの変化が発生しないような場合

や、光学条件を変化させてもほぼ同様の軸ずれが認められる場合に選択すると良い。この設定では既定値に基づいて補正を行うため、軸調整条件の検出、演算時間が必要とせず処理時間の向上が可能である。“しない”は軸調整を行わないモードであり、軸ずれが起きないような環境で選択することが望ましい。

## 【0041】

以上のように、環境設定画面により複数の補正モードを選択できるようにしておけば、走査電子顕微鏡の使用条件や環境等に基づいて、適正な補正条件を選択することが可能になる。

## 【0042】

次にオペレータは自動軸調タイミングを選択する。この選択は例えば軸ずれの頻度が高いような場合は、軸調の精度を考慮して“分析点毎”を設定し、測定個所毎に軸ずれ補正を行い、軸ずれがあまり発生しないようであれば、スループットを考慮して“ウェハ毎”を選択し、走査電子顕微鏡による測定対象であるウェハを交換するたびに軸ずれ補正を行うと良い。このような選択肢を設けることで、走査電子顕微鏡の使用条件や環境等に基づいて、適正な軸ずれ補正タイミングを選択することが可能になる。また“所定値を超えたとき”を選択すると、分析点毎或いはウェハ毎に対物レンズ電流変化量 $\Delta I$ に対する視差 $\Delta W_i$ を検出し、 $\Delta W_i$ が所定の値を超えたときに“視差検出に基づく補正”が行われる。ほかに“ユーザー設定”を選択すると予め別途登録された軸調タイミングで軸調が行われる。

## 【0043】

次にオペレータは補正量グラフを登録するか、しないかを選択する。ここでいう補正量グラフとは図8(a)に示すような形で像表示装置に表示される。実施例1に示す技術では最終的に非点補正器用ライナー53へのコイル電流を算出しているが、このコイル電流と補正前のコイル電流の大きさの違いは光軸からピームがどれだけずれていたかを表すものであり、この程度をプロットしグラフ化することで、軸ずれの程度の推移を判断することができる。もしこの軸ずれの推移がほぼ一定値を示すようであれば、その後の軸ずれの状態も同様であるとの判断のもとに、先の“既定値補正”に切り替えることで、“視差検出に基づく補正

”に要する軸調整条件の検出時間、演算時間を削除でき、スループットを向上させることができる。このようなグラフを表示することで、オペレータに、適切な自動軸調を行うための判断を委ねることができ、適正な軸調条件を設定することができる。

## 【0044】

図8 (b) に示すグラフは、図8 (a) の補正量グラフに重畠して、半導体パターン幅の測長結果を表示した例である。半導体パターン幅の測長は、測長対象パターンがある半導体デバイス上に電子線を一次元的、或いは二次元的に走査して得られる二次電子や反射電子の検出量に基づいて形成されるラインプロファイルの幅を測ることで行われる。このようにして得られる対象パターンの測長結果と、設計情報に基づくパターン寸法の誤差を図8 (a) に示す補正量グラフに重畠してプロットしている。

## 【0045】

図8 (b)において、aと記した個所は、視差 $\Delta W_i$ が或る定められた範囲を超えたため、或いは視差検出に必要な構造情報がなかったため（実施例2で説明した定量値 $F_i$ が、或る値以下或いは未満の場合），“視差検出に基づく補正”を行わない条件で測長を行った個所である。この部分は補正量がゼロの場合と区別できるように、色を変える等、他の部分と識別して表示することが望ましい。以下の説明では視差 $\Delta W_i$ が定められた範囲を超えたときは“視差検出に基づく補正”を行わずに測長を実行する場合について説明するが、これに限られず前述したようにオペレータに軸調整等を促すための警報を発生し自動測長を停止したりしても良い。なお、“視差検出に基づく補正”を行わなかったにも関わらず測長を続行する場合、得られた測長値が誤っている恐れがある。このような場合、後に目視で測長が正しく行われたか否かの確認をすべく、測長値と併せて測長の際に得られた試料像、ラインプロファイル、或いは電子顕微鏡の光学条件のうち少なくとも1つを記憶しておくと良い。オペレータはこれらの情報と共に得られた測長結果とを照らし合わせることで、測長の信頼度を判断することができる。

## 【0046】

次にオペレータは視差 $\Delta W_i$ が或る定められた範囲を超えているとき、或いは

設定値  $F_i$  が或る値以下或いは未満の場合に、どのような処理を行うかを選択する。“測長停止”を選択すると自動的かつ連続的に実行されている測長が停止状態となり、電子線は図示しないブランкиング機構で試料に照射されないようにブランкиングされ待機状態となる。このとき像表示画面に、図5に示すようなメッセージを表示しても良い。この中で単なる“続行”は“視差検出に基づく補正”を行わないでそのまま測長を行うモードである。“試料像登録の上続行”は先に説明したように“視差検出に基づく補正”を行わないで得られた試料像等を測長結果と共に登録しておくモードである。“既定値補正に切替”は“視差検出に基づく補正”ができない場合であって軸ずれの状況がある程度判明している場合等に有効である。このモードでは予め登録された補正量に基づいて軸ずれが行われる。また測長を行わないで次の測頂点にスキップするようにしても良い。これまで説明してきた環境設定画面は当然スティグマアライメント用に適用することも可能である。

#### 【0047】

なお、本実施例で説明した自動軸調が適正に行われているか否かを判定するために、“視差検出に基づく補正”を行うのに供される少なくとも4枚の試料像を像表示画面にリアルタイムで表示するようにしても良い。また上記説明では対物レンズと非点補正器に対する軸調を行うことについて説明したが、これに限られることはなくアライメント偏向器を用いて光軸調整を行う必要のある荷電粒子線の光学素子全般に適用可能である。更に本発明は電子顕微鏡だけではなく、収束イオンビームや軸対称レンズシステムを用いて荷電粒子線を収束させる全ての荷電粒子線装置に適用が可能である。

#### 【0048】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、荷電粒子線装置の光学条件に因らず精度の高い軸調整を行うことが可能になる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の一例である走査電子顕微鏡の概略構成図。

【図2】

対物レンズに対する軸ずれを補正するための概略処理フロー。

【図3】

対物レンズに対する軸ずれを補正する原理図。

【図4】

非点補正器に対する軸ずれを補正するための概略処理フロー。

【図5】

軸ずれを検出したときのメッセージの一例。

【図6】

画質判定処理を加えた軸ずれ検出処理の一例。

【図7】

自動軸ずれ補正の環境を設定するための設定画面を示す図。

【図8】

補正量グラフの表示例を示す図。

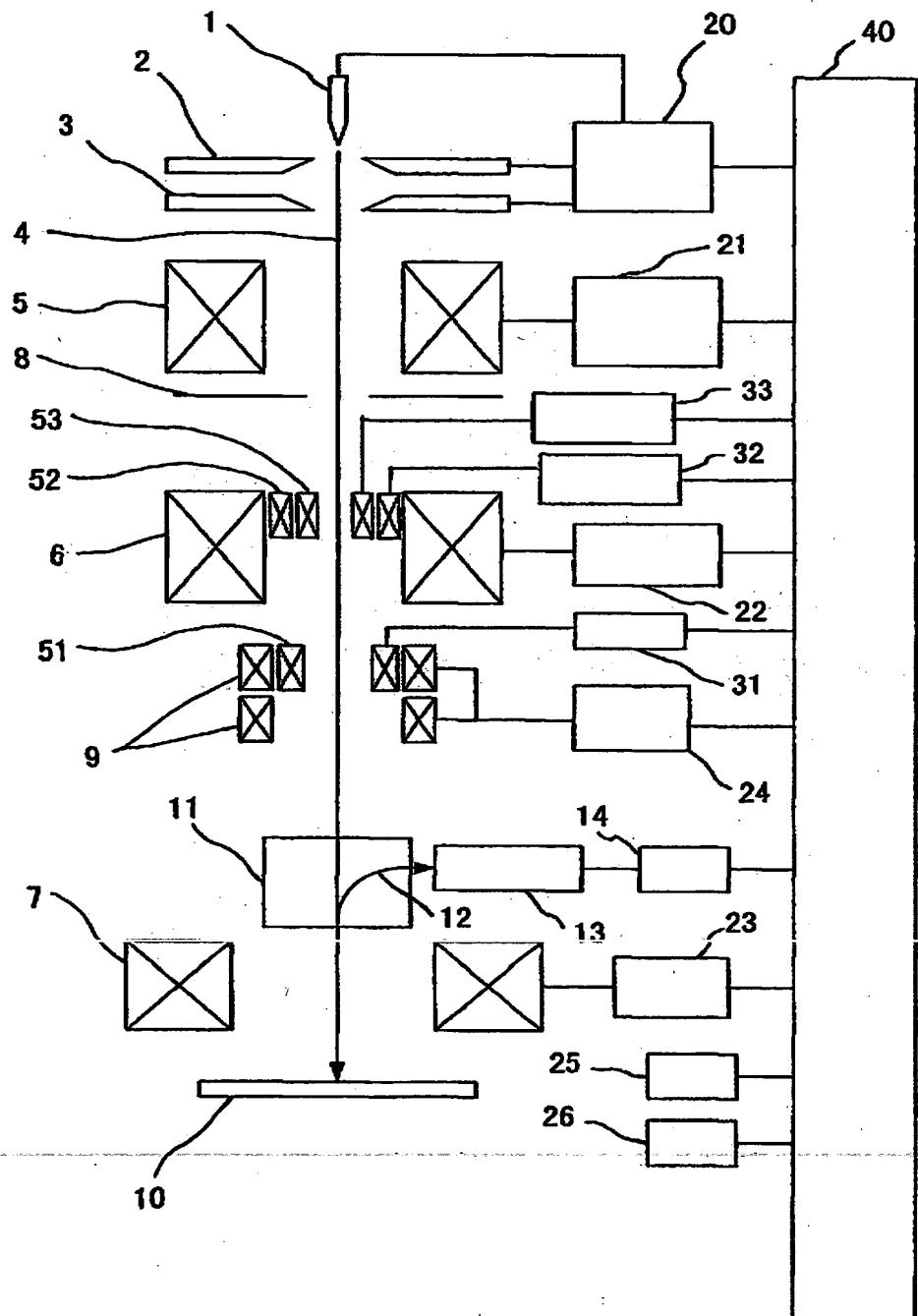
【符号の説明】

1 …陰極、 2 …第一陽極、 3 …第二陽極、 4 …一次電子線、 5 …第一収束レンズ、 6 …第二収束レンズ、 7 …対物レンズ、 8 …絞り板、 9 …走査コイル、 10 …試料、 11 …二次信号分離用直交電磁界（E X B）発生器、 12 …二次信号、 13 …二次信号用検出器、 14 a …信号増幅器、 20 …高圧制御電源、 21 …第一収束レンズ制御電源、 22 …第二収束レンズ制御電源、 23 …対物レンズ制御電源、 24 …走査コイル制御電源、 25 …画像メモリ、 26 …像表示装置、 31 …対物レンズ用アライナー制御電源、 32 …非点補正器用制御電源、 33 …非点補正器用アライナー制御電源、 40 …制御C P U、 51 …対物レンズ用アライナー、 52 …非点補正器、 53 …非点補正器用アライナー。

【書類名】 図面

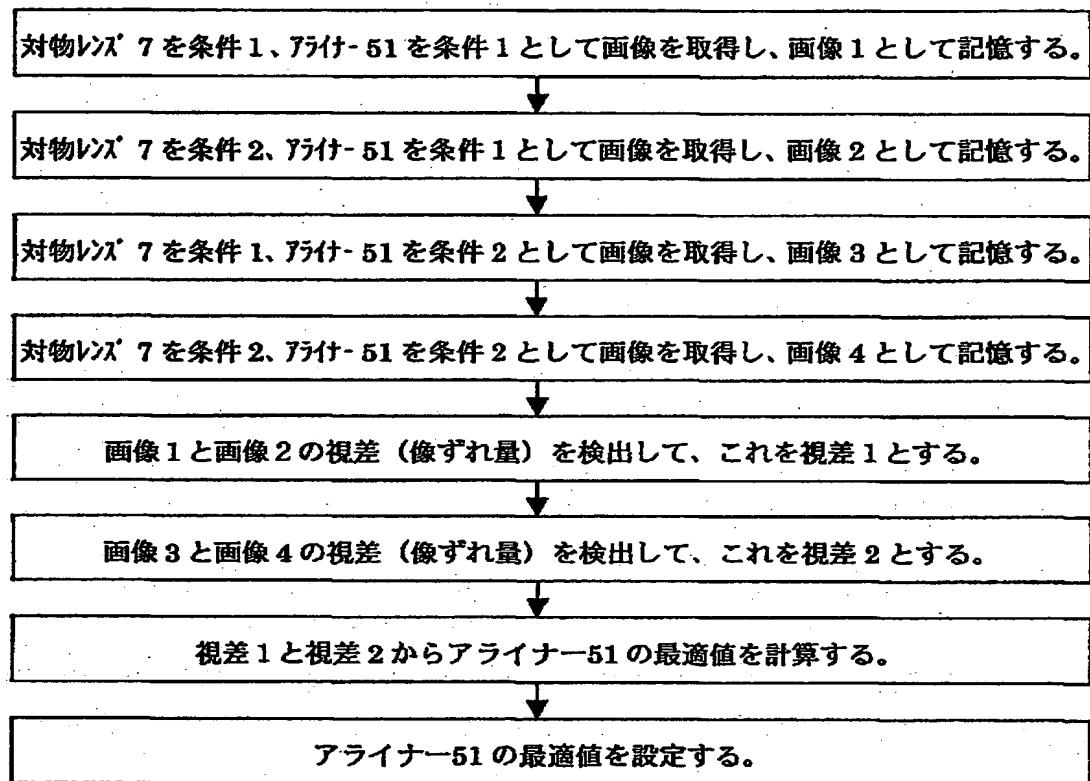
【図1】

図 1



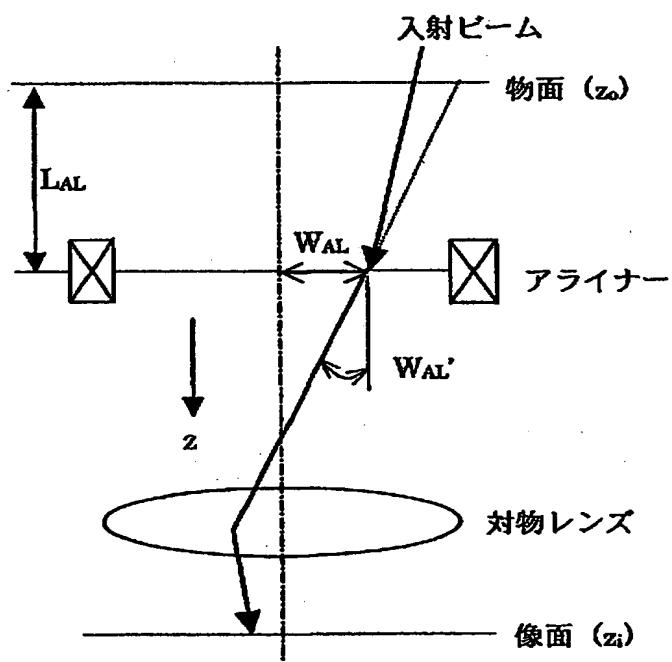
【図2】

図 2



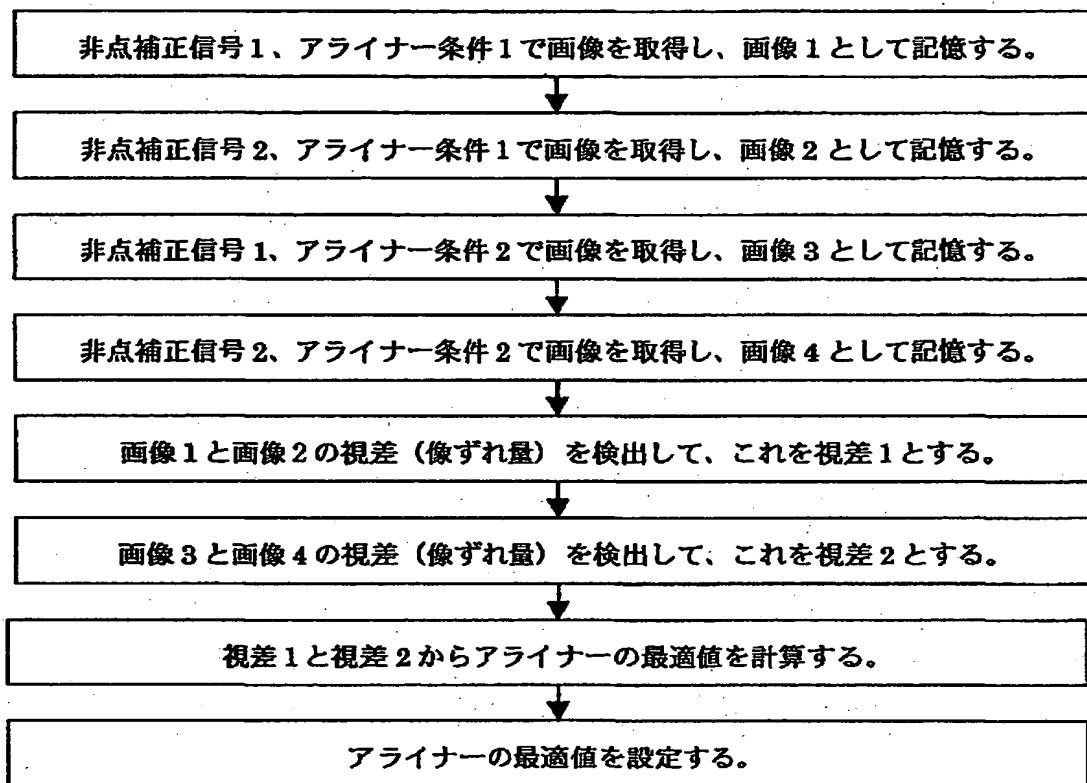
【図3】

図 3



【図4】

図 4



【図5】

図 5

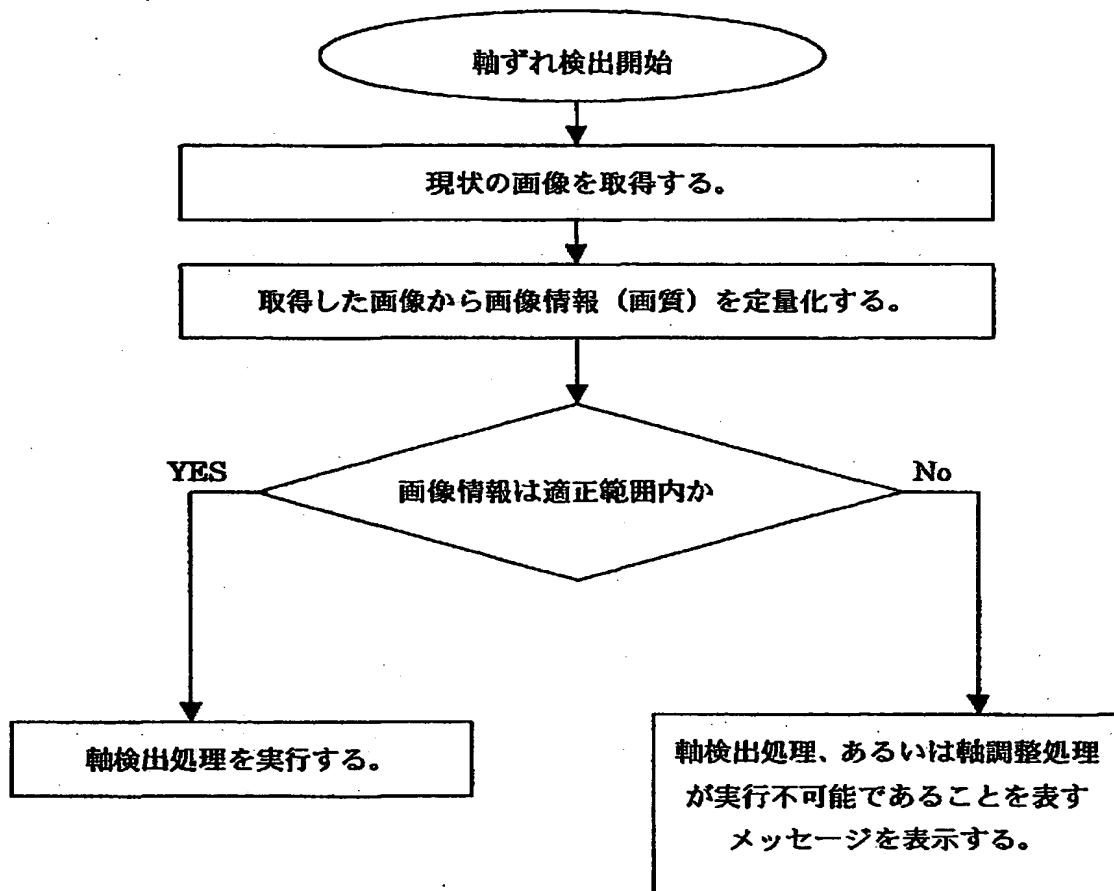
対物レンズに対する軸ずれが許容範囲を超えています。軸調整を実施しますか？

Yes

No

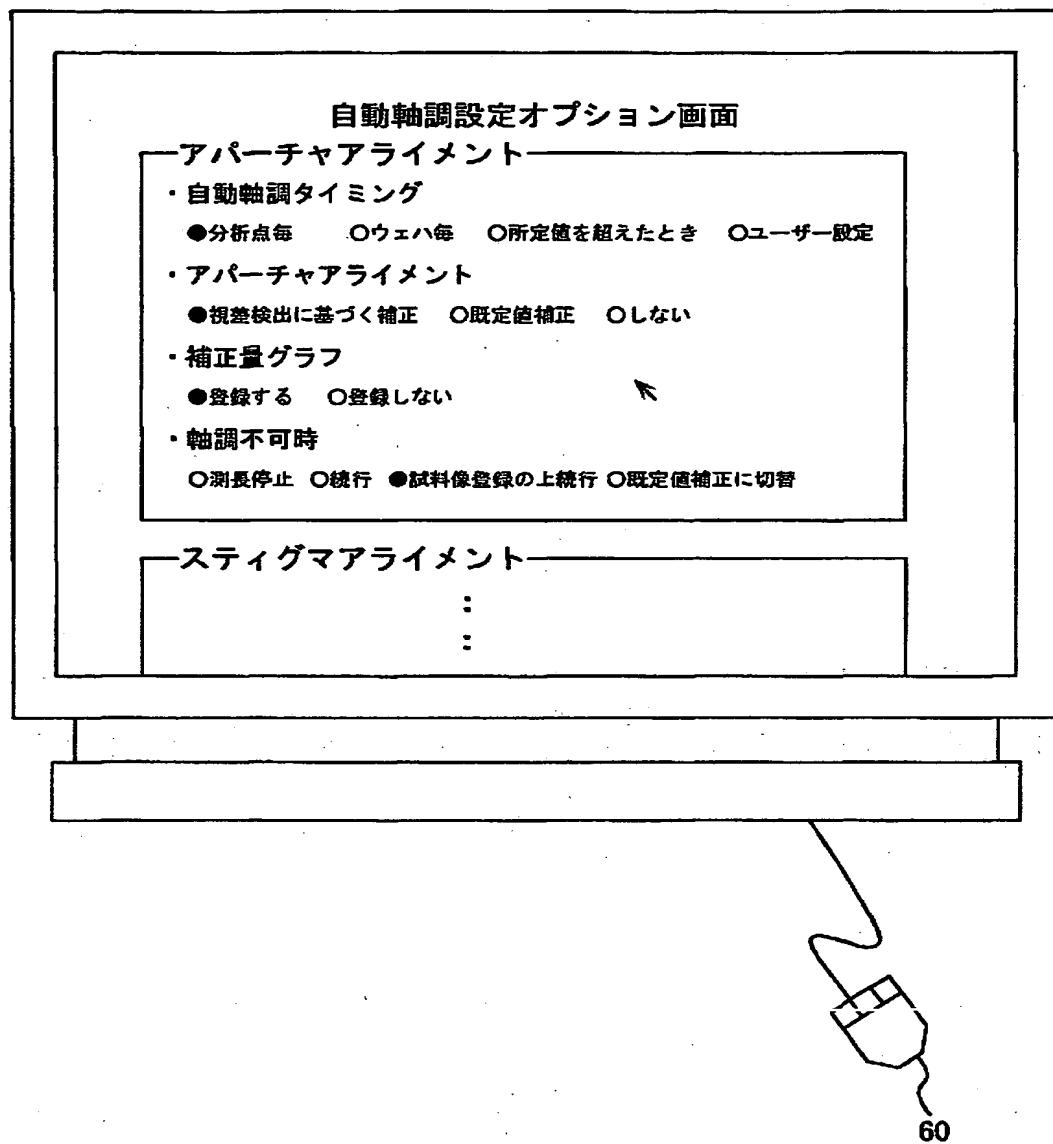
【図6】

図 6



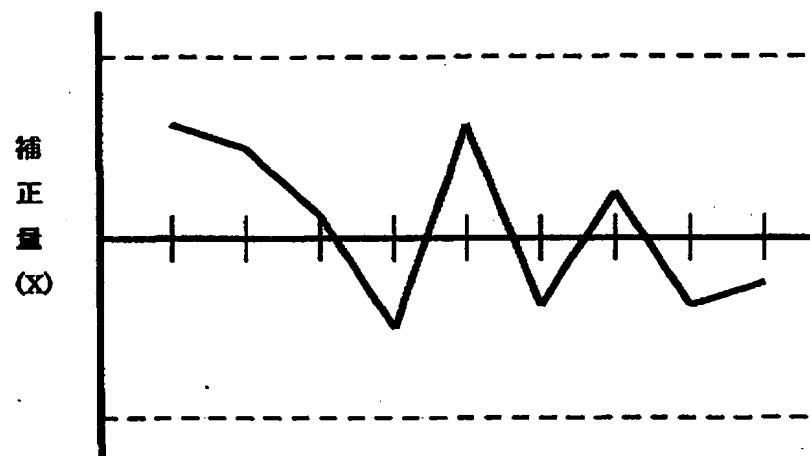
【図7】

図 7

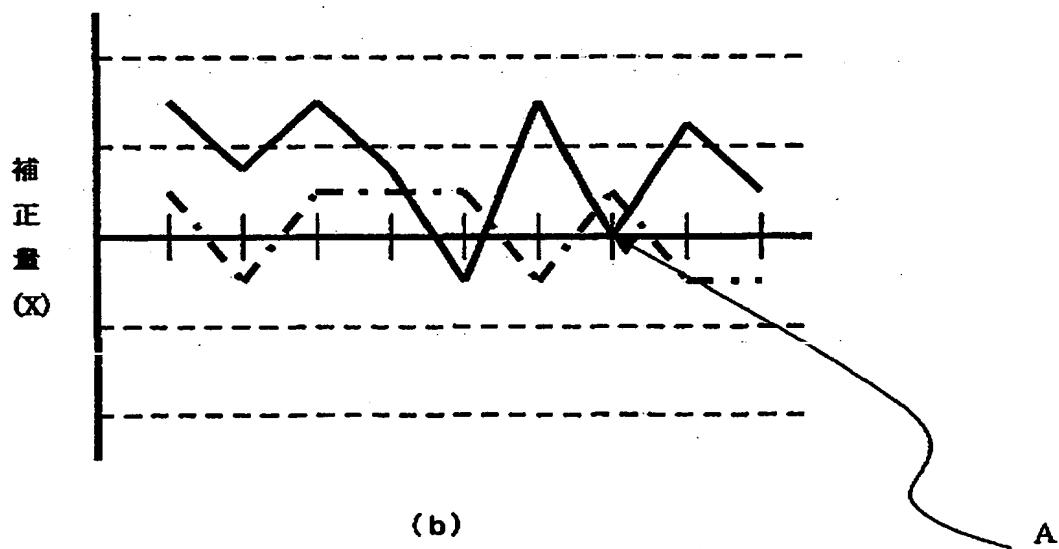


【図8】

図 8



(a)



(b)

A

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

荷電粒子線の状態が変化しても、容易に光軸の調整を可能とする荷電粒子線装置、及び荷電粒子線装置の調整方法を提供する。

【解決手段】

アライメント偏向器の偏向条件を第1の状態にしたときに、光学素子を少なくとも2つの状態に変化させたときの試料像間の第1のずれを検出し、アライメント偏向器の偏向条件を第2の状態にしたときの試料像間の第2のずれを検出し、当該2つのずれの情報に基づいて、前記アライメント偏向器の動作条件を決定する。

【選択図】 図1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-161588
受付番号	50100774882
書類名	特許願
担当官	第一担当上席
作成日	0090 平成13年 5月31日

＜認定情報・付加情報＞

【提出日】 平成13年 5月30日

次頁無

出願人履歴情報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日 1990年 8月31日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

氏 名 株式会社日立製作所



Creation date: 06-22-2004

Indexing Officer: BSMOOT - BRIAN SMOOT

Team: OIPEBackFileIndexing

Dossier: 10082288

Legal Date: 04-25-2002

No.	Doccode	Number of pages
1	CTMS	2

Total number of pages: 2

Remarks:

Order of re-scan issued on .....